

PEMBUATAN KOMPOSIT DENGAN BULU KECIL BEBEK

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk
Melaksanakan Tugas Akhir pada Jurusan Teknik Mesin



Oleh :

Nama : Agus Abdul Lathif

NIM : 01525034

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2011**

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

PEMBUATAN KOMPOSIT DENGAN BULU KECIL

BEBEK



Yogyakarta, Juli 2011

Pembimbing I,



LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI
PEMBUATAN KOMPOSIT DENGAN BULU KECIL
BEBEK

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Agus Abdul Lathif

No. Mahasiswa : 01525034

Tim Penguji

Muhammad Ridwan, ST., MT.

Ketua

Purtojo, ST., M.Sc.

Anggota I

Mohammad Faizun, ST.

Anggota II



Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Agung Nugroho Adi, ST., MT.



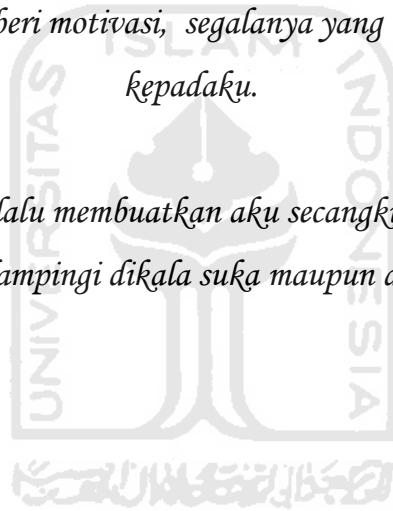
HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini ku persembahkan untuk:

Orang tuaku tercinta, yang rela berkorban demi keberhasilanku di dunia dan akhirat. Jasamu tak terbalas meskipun kuberikan emas sebesar gunung.

Sahabat-sahabatku Eko, Fandi, Panca, dan teman-teman teknik mesin yang selalu membantu, memberi motivasi, segalanya yang terbaik yang diberikan kepadaku.

Istriku tercinta yang selalu membuatkan aku secangkir kopi dipagi hari serta mendampingi dikala suka maupun duka.



MOTTO

Lebih baik terlambat daripada tidak sama sekali



KATA PENGANTAR



Assalaamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur saya panjatkan kehadiran ALLAH SWT atas segala limpahan rahmat, taufiq, hidayah dan inayah-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan baik dan lancar. Penyusunan laporan tugas akhir ini bertujuan untuk memenuhi kurikulum yang ditentukan oleh Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia untuk memperoleh gelar Kesarjanaan Program pendidikan Strata 1 (S1).

Pada kesempatan ini saya ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar besarnya kepada :

1. Orang tua serta saudara saya yang selalu memberikan dorongan dan perhatian untuk tetap maju dalam segala hal.
2. Bapak Muhammad Ridlwan, ST., MT. selaku dosen pembimbing yang selalu membimbing, mengarahkan dan memberikan banyak masukan kepada saya sehingga dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan baik.
3. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.

Saya menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, maka saya sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak yang telah membaca laporan tugas akhir ini. Akhir kata semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Wassalaamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Juli 2011

Penyusun

ABSTRAKS

Komposit alam adalah material yang memiliki potensi yang baik untuk dikembangkan di Indonesia. Bahan ini bersifat lebih ramah lingkungan jika dibandingkan dengan komposit yang berpenguat bahan sintetis karena limbahnya dapat diurai secara alami. Salah satu bahan penguat komposit yang akan dipakai disini adalah bulu kecil bebek. Sebelum bulu bebek tersebut proses menjadi komposit direndam di dalam alkohol dulu untuk menghilangkan lapisan minyaknya. Selanjutnya, bulu bebek tersebut dicuci menggunakan air bersih dan dikeringkan secara alami. Matrik yang digunakan dalam penelitian ini adalah resin polyester 157 BQTN dengan hardener MEKPO 1% (v/v). Komposit dibuat dengan metode cetak tekan dengan fraksi massa 40%, 50% dan 60%. Semua spesimen uji tarik tersebut dibuat mengacu pada standar ASTM D-638. Pengujian tarik dilakukan dengan mesin uji tarik dan perpanjangan diukur dengan menggunakan extensometer. Penelitian ini bertujuan membuat limbah bulu bebek menjadi bermanfaat menggantikan komposit berpenguat bahan sintetis dan menemukan proses yang tepat untuk pembuatan produk dari komposit bulu bebek serta mengetahui kekuatan tarik komposit dari bulu bebek.

Kata kunci : komposit, bulu bebek, uji tarik.

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iii
Halaman Persembahan	iv
Halaman Motto	v
Kata Pengantar	vi
Abstrak	vii
Daftar Isi	viii
Daftar Tabel	x
Daftar Gambar	xi
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
Bab 2 Dasar Teori	4
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.1.1 Penggunaan Bulu Bebek	4
2.1.2 Bulu Bebek	4
2.1.3 Pengertian Komposit	7
Bab 3 Metodologi Penelitian	12
3.1 Diagram Alir Penelitian	12
3.2 Peralatan dan Bahan	13
3.3 Pengadaan Material	13
3.4 Proses Persiapan Komposit	14
3.5 Proses Persiapan Alat Press	16
3.6 Pembuatan Spesimen	17
3.7 Proses pengujian	19

Bab 4 Perhitungan	20
4.1 Hasil Perhitungan Karakteristik Komposit.....	20
4.2 Hasil Pengujian Tarik Komposit	23
4.3 Hasil Perhitungan Density	26
Bab 5 Penutup.....	32
5.1 Kesimpulan.....	32
5.2 Saran	33
Daftar Pustaka	34



DAFTAR TABEL

Tabel 2-1	Tabel Spesifikasi Resin	10
Tabel 4-1	Tabel Hasil Data Dimensi Uji Tarik Komposit.....	20
Tabel 4-2	Tabel Hasil Uji Tarik Komposit $v_f = 40\%$	23
Tabel 4-3	Tabel Hasil Uji Tarik Komposit $v_f = 50\%$	23
Tabel 4-4	Tabel Hasil Uji Tarik Komposit $v_f = 60\%$	24
Tabel 4-5	Tabel Hasil Perhitungan Density (p)	26



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1	Bulu Kontur atau Vaned	5
Gambar 2-2	Bulu Bristle.....	5
Gambar 2-3	Bulu Semiplume	5
Gambar 2-4	Bulu Bawah atau Bedak	6
Gambar 2-5	Bulu Filoplumes	6
Gambar 2-6	Klasifikasi Material komposit	8
Gambar 3-1	Diagram Alir Penelitian.....	12
Gambar 3-2	Bebek Yang Diambil Bulunya.....	14
Gambar 3-3	Perendaman Bulu Bebek Dengan Air.....	14
Gambar 3-4	Perendaman Bulu Bebek Dengan Etanol.....	15
Gambar 3-5	Pengeringan Dibawah Sinar Matahari.....	15
Gambar 3-6	Penimbangan	15
Gambar 3-7	Bentuk Alat Press	16
Gambar 3-8	Bentuk Cetakan	17
Gambar 3-9	Pembuatan Spesimen.....	17
Gambar 3-10	Proses Penekanan	18
Gambar 3-11	Tekanan Sekitar 200 bar.....	18
Gambar 3-12	Hasil Cetakan Setelah Digerinda.....	19
Gambar 3-13	Spesimen Uji Tarik.....	19

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi komposit saat ini sudah mulai mengalami pergeseran dari bahan komposit berpenguat serat sintetis menjadi bahan komposit berpenguat serat alam. Teknologi komposit pun sebenarnya mencontoh komposit alam yang sudah ada sebelumnya. Sebagai contoh, PT. Toyota di Jepang telah memanfaatkan bahan komposit berpenguat serat kenaf sebagai komponen panel interior mobil jenis sedan. Selain itu, produsen mobil Daimler Benz pun telah memanfaatkan serat abaca sebagai penguat bahan komposit untuk *dashboard*.

Pergeseran tren teknologi ini dilandasi oleh sifat komposit berpenguat serat alam yang lebih ramah lingkungan. Para industriawan menggunakan komposit tersebut sebagai produk unggulan sesuai dengan keistimewaannya. Walaupun tak sepenuhnya menggeser serat sintetis, pemanfaatan serat alam yang ramah lingkungan merupakan langkah bijak untuk menyelamatkan kelestarian lingkungan.

Dari hasil survei dan pengamatan sebenarnya dapat ditemui berbagai hewan unggas yang dapat menghasilkan serat sebagai bahan komposit, salah satunya adalah serat bulu bebek. Serat ini banyak dijumpai di daerah peternakan wilayah Sleman, khususnya daerah/desa Nglengis, Banyurejo, Tempel. Jumlah produksi bebek yang besar tersebut belum diimbangi dengan pemanfaatannya, sehingga kadang masih menimbulkan permasalahan terhadap limbah. Di daerah Sleman, bulu-bulu tersebut kadang dijual dengan harga Rp10.000,-/karung untuk dijadikan sumber pakan ternak lainnya atau dibakar menjadi pupuk untuk tanaman. Ada juga yang justru bulu-bulu tersebut kadang cuma dibuang menjadi limbah. Untuk itu diperlukan suatu gagasan bagaimana mengolah limbah bulu bebek tersebut menjadi sesuatu yang berharga, berguna dan ramah lingkungan.

Berdasarkan pertimbangan di atas maka penggunaan serat bulu bebek sebagai penguat komposit dengan matrik polyester perlu diteliti dan dikembangkan lebih lanjut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana memanfaatkan limbah bulu bebek sebagai bahan komposit.
2. Ketersediaan limbah bulu bebek yang melimpah dan masih bisa ditingkatkan nilai manfaatnya.
3. Perlu peningkatan nilai teknologi dan ekonomi dengan mengolah limbah serat bulu bebek menjadi bahan komposit alternatif.

1.3 Batasan Masalah

Pada tahap ini, penyelesaian masalah secara mendasar dilakukan dengan batas-batas sebagai berikut :

1. Membuat produk komposit dari serat bulu bebek.
2. Mengetahui kekuatan uji tarik komposit dari bulu bebek.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah memanfaatkan limbah bulu bebek dan menemukan proses yang tepat untuk pembuatan produk dari komposit bulu bebek serta mengetahui kekuatan tarik komposit dari komposit bulu bebek tersebut.

1.5 Manfaat Penelitian

Keberhasilan penelitian ini diharapkan mampu mengembangkan rekayasa material baru komposit. Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Menjadikan limbah bulu bebek sebagai salah satu alternatif bahan penguat komposit.
2. Sebagai bahan informasi untuk mendorong kemajuan Iptek.
3. Setelah diketahui sifat mekanik/ kekuatan tarik, maka dapat direncanakan pemanfaatan kompositnya.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mendapatkan gambaran yang jelas dan sistematis, maka dalam penyusunan laporan tugas akhir ini dibagi menjadi enam bab, yaitu :

Bab I berisi mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan. Bab II menguraikan tentang dasar teori dan tinjauan pustaka, bahan-bahan komposit, resin polyester, serat bulu bebek, karakteristik patahan komposit, jenis pembebanan komposit, berat jenis komposit, kekuatan tarik komposit. Bab III ini berisi tentang metode penelitian diagram alir penelitian, Alat dan pengadaan material, Perlakuan etanol, Persiapan serat, Persiapan matrik, Persiapan alat press, Pembuatan komposit, Proses pengujian tarik. Bab IV membahas tentang hasil pengujian, perhitungan karakteristik komposit, hasil pengujian tarik, density. Bab V berisi tentang pembahasan dan analisa pengujian tarik, bentuk patahan, *density* dari beberapa bahan komposit. Bab VI berisi tentang kesimpulan dan saran.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Penggunaan Bulu Bebek

Penggunaan serat bulu bebek merupakan alternatif pemanfaatan bahan baru pada komposit. Menurut data dari Dinas Peternakan Yogyakarta ada 10 kelompok ternak itik di Sleman yang menaungi 1.778 peternak dengan populasi itik mencapai hampir 900.000 ekor merupakan salah satu keunggulan karena mendukung untuk pabrikasi besar-besaran. Penggunaan serat bulu bebek sebagai penguat komposit merupakan langkah baru yang juga sangat bermanfaat untuk penyelamatan kelestarian lingkungan, karena dapat menggeser penggunaan serat sintetis yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan.

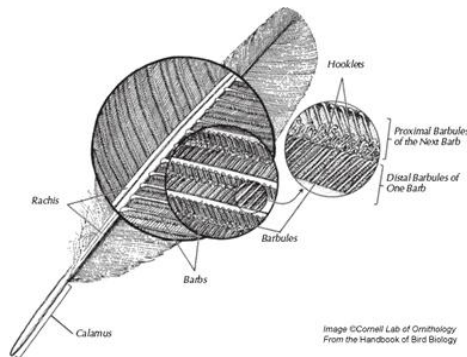
Rowell dan Han (2000) menekankan pentingnya perlakuan pada serat alam sebelum digunakan sebagai media penguatan pada komposit polimer untuk menghasilkan ikatan *interface* serat-matrik yang baik. Perlakuan yang dimaksud adalah perendaman serat alam dengan waktu tertentu untuk menghilangkan kotoran yang menempel ataupun lapisan lignin pada serat.

Dari berbagai penelitian yang telah dilakukan, banyak ilmuwan menggunakan larutan etanol atau alkali NaOH sebagai bahan kimia yang dicampurkan ketika perendaman. Larutan ini sering dipakai karena selain mudah didapatkan, harganya dapat dikatakan murah (Anonim, 2006).

2.1.2 Bulu Bebek

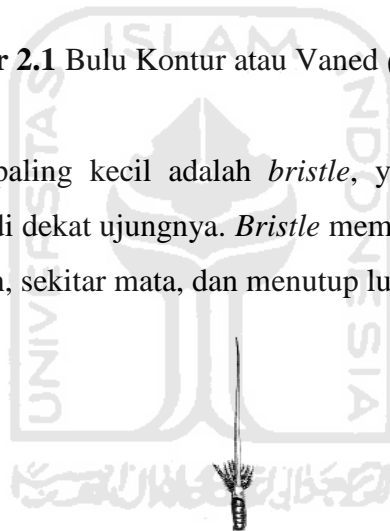
Ada lima kategori umum pada bulu: kontur atau *vaned*, *bristle*, *semiplume*, *bawah*, *filoplume* (Bartels, 2003). Bulu *kontur* atau *vaned* memberikan warna pada burung dan merupakan lapisan pertama yang bersinggungan dengan objek fisik, cahaya matahari, angin, dan hujan. Bulu kontur dapat ditemukan di punggung, ekor, dan sayap, serta berperan utama dalam penerbangan. Tiap bulu kontur mempunyai bulu pipa dan baling-baling yang memanjang darinya. Bagian polos dari pipa yang tertanam dalam kulit

burung dinamai *calamus*. Bagian yang mempunyai cabang adalah *rachis*. Cabang-cabangnya dinamai *barbs* dan memberikan poros tempat *barbules* bercabang. *Barbules* sangat rapat dan saling bersambung melalui *hooklets*, atau *barbicels*, agar kuat dan anti air.



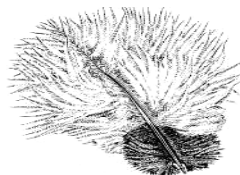
Gambar 2.1 Bulu Kontur atau Vaned (*Bartels, 2003*)

Jenis bulu yang paling kecil adalah *bristle*, yang kaku dan jika ada, mempunyai barb pendek di dekat ujungnya. *Bristle* mempunyai fungsi proteksi di kepala ayam, bawah paruh, sekitar mata, dan menutup lubang hidung.



Gambar 2.2 Bulu Bristle (*Bartels, 2003*)

Semiplume adalah jenis bulu yang menghubungkan kategori kontur dan bawah.



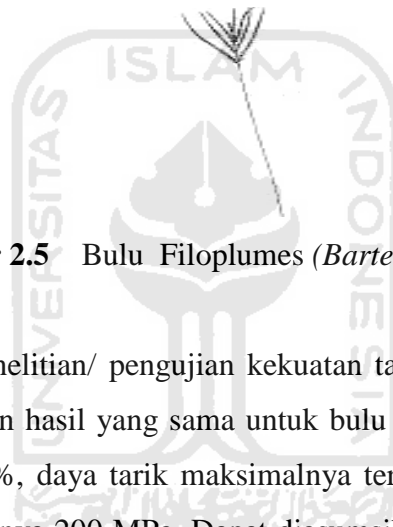
Gambar 2.3 Bulu Semiplume (*Bartels, 2003*)

Bulu bawah atau bedak lebih kecil dari bulu kontur dan miskin barbules serta hooklets yang menyertainya. Bulu ini lembut dan halus, berada di bawah bulu kontur.



Gambar 2.4 Bulu Bawah atau Bedak (*Bartels, 2003*)

Bulu *Filoplumes* lebih kecil dari semiplume.



Gambar 2.5 Bulu Filoplumes (*Bartels, 2003*)

Dalam sebuah penelitian/ pengujian kekuatan tarik tentang bulu, Fraser, R.D.B. (1996) melaporkan hasil yang sama untuk bulu burung unta dari *Laysan Albatross*. Pada RH 100%, daya tarik maksimalnya terukur 100MPa. Pada RH 65% daya tarik maksimalnya 200 MPa. Dapat diasumsikan bahwa pada RH 0%, daya tarik maksimalnya dapat lebih dari 221 MPa.

Woll, R. and Hong, C, (2004) telah mengukur daya regang bagian dari serat bulu secara langsung. Serabut direkatkan dengan pita adhesive dan diuji dengan tegangan pada kecepatan *crosshead* 1.3 mm/min. Diameter serabut diukur dengan mikroskop optik dan digunakan untuk menentukan luas serabut. Mereka melaporkan bahwa daya regang mempunyai hasil yang bervariasi tergantung pada heterogenitas serabut. Kekuatan berkisar antara 41 – 130 MPa. Hong dan Wool juga menghitung kekuatan serabut dari data energi fraktur untuk komposit yang dicampur dengan serabut, Hasilnya adalah 94 – 187 MPa yang sesuai dengan hasil kekuatan serabut yang diukur secara langsung.

2.1.3 Pengertian Komposit

Material dalam suatu struktur dapat dikelompokkan dalam empat kategori dasar yaitu logam, polimer, keramik dan komposit. Komposit merupakan suatu bahan hasil penggabungan dari dua atau lebih material penyusun yang berbeda secara makroskopik yang tidak larut satu dengan yang lainnya.

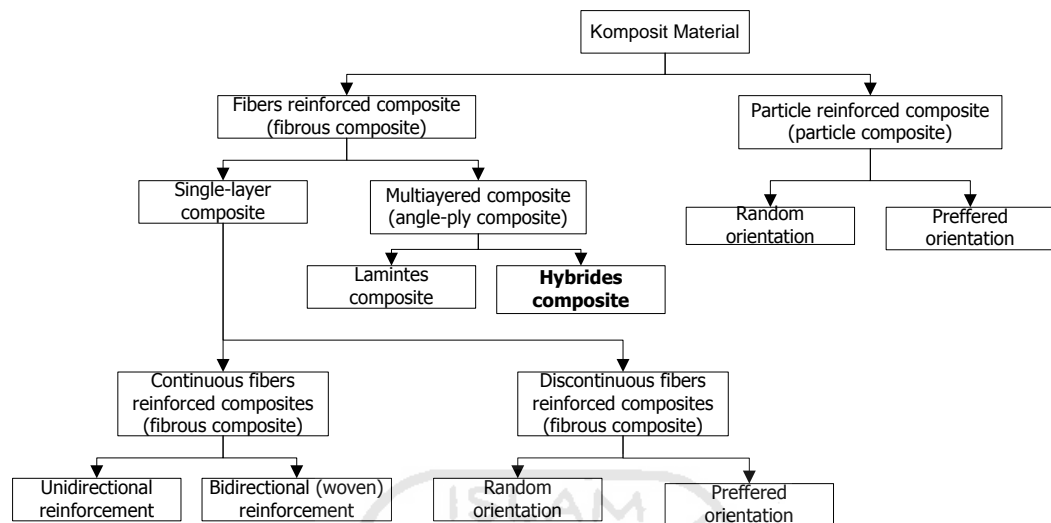
Penggabungan material ini dimaksudkan untuk menemukan atau mendapatkan material baru yang mempunyai sifat antara (intermediate) material penyusunnya. Sifat material hasil penggabungan ini diharapkan saling memperbaiki kelemahan dan kekurangan bahan-bahan penyusunnya. Adapun beberapa sifat-sifat yang dapat diperbaiki antara lain : kekuatan, kekakuan, ketahanan korosi, ketahanan lelah, ketahanan pemakaian, berat jenis, pengaruh terhadap temperatur.

Material komposit didefinisikan sebagai campuran makroskopik antara serat dan matriks. Serat berfungsi memperkuat matriks, karena umumnya serat jauh lebih kuat dari matriks. Matriks berfungsi melindungi serat dari efek lingkungan dan kerusakan akibat benturan atau impak. Komposit dikategorikan menjadi beberapa jenis: komposit serat kontinyu, komposit serat anyam, komposit serat acak, komposit hibrid dan komposit serat-logam. Serat terbuat dari karbon, aramid, boron, silicon carbide, alumina atau material lainnya. Matriks terbuat dari polimer, contohnya epoksi, keramik dan logam (www.Composite.Wordpress.com).

Serat kaca (*fibre glass*) adalah material yang umum digunakan sebagai serat. Namun, teknologi komposit saat ini telah banyak menggunakan karbon murni sebagai serat. Serat karbon memiliki kekuatan yang jauh lebih baik dibanding serat kaca tetapi biaya produksinya juga lebih mahal. Komposit dari serat karbon memiliki sifat ringan dan juga kuat.

Definisi di atas terlihat bahwa sebagian besar bahan alam dapat dikategorikan sebagai bahan komposit. Batang bambu misalnya, batang ini terdiri dari serat-serat bambu yang diikat oleh matrik. Bambu juga merupakan struktur yang ringan dan kaku. Bila bahan alam adalah contoh-contoh struktur yang efisien

dan optimum, maka dapat dikatakan bahwa perancangan untuk mendapatkan struktur yang ringan dan kaku haruslah menggunakan komposit.



Gambar 2.6 Klasifikasi material komposit (*Matthews, 1994*)

2.1.4. Komposit serat

Komposit serat merupakan jenis komposit yang paling banyak digunakan untuk struktur. Hal ini disebabkan oleh sifat serat yang lebih kuat dari pada bentuk butiran. Serat menentukan karakteristik komposit seperti kekakuan, keuletan, kekuatan dan sifat mekanik yang lain (*Surdia dan Saito, 1999*).

Secara garis besar, bahan komposit terdiri dari dua macam bahan, yaitu bahan komposit partikel (*particulate composit*) dan bahan komposit serat (*fiber composit*). Bahan komposit partikel terdiri dari partikel-partikel yang diikat oleh matrik. Bentuk partikel ini dapat bermacam-macam antara lain: seperti bulat, kubik, tetragonal atau bentuk-bentuk yang tidak beraturan secara acak, tetapi secara rata-rata berdimensi sama. Bahan komposit serat terdiri dari serat-serat yang diikat oleh matrik. Bahan komposit serat ini juga terdiri dari dua macam serat panjang (*continuos fibre*) dan serat pendek (*short fibre atau whisker*).

Adapun unsur-unsur dari komposit serat adalah sebagai berikut:

a. Serat

Serat merupakan material penguat pada komposit serat dan berfungsi sebagai penahan beban paling utama. Serat merupakan faktor yang paling penting untuk menentukan kekuatan komposit serat yaitu jumlah serat, orientasi serat, panjang serat, model atau bentuk serat. Seperti dinyatakan oleh (Schwardz, 1984) bahwa semakin banyak serat yang dikandung dalam komposit, maka kekuatan mekanisnya semakin besar

b. Matrik

Pada komposit serat, matrik mempunyai fungsi yang sangat penting, yaitu sebagai pengikat serat dan meneruskan beban di antara serat-serat (Schwardz, 1984). Elongasi matrik lebih besar dibandingkan dengan serat. Matrik yang sering digunakan untuk memproduksi komposit FRP (*Fiber Reinforced Plastic*) adalah berwujud resin.

Salah satu jenis resin termoset yang sering digunakan dibidang komposit adalah resin polyester. Resin polyester banyak digunakan pada komposit terutama untuk aplikasi performansi yang tidak memerlukan sifat mekanis yang sangat baik. Resin polyester mempunyai sifat-sifat yang sangat khas, yaitu: transparan, dapat dibuat kaku atau fleksibel dan dapat diwarnai. Selain itu, resin ini juga tahan terhadap air, cuaca, usia dan berbagai jenis bahan kimia. Pembekuan polyester dilakukan dengan menambahkan bahan katalis. Kecepatan proses pembekuan (*curing*) ditentukan oleh jumlah katalis yang ditambahkan.

Tabel Spesifikasi resin *Unsaturated polyester* Yukalac 157 BTQN-EX (P.T. Justus Kimia Raya, 2001).

Item	Satuan	Nilai tipikal	Catatan
Berat Jenis		1,215	25° C
Kekerasan		40	Barcol/GYZJ 934-1
Suhu distorsi panas		70	
Penyerapan air (suhu ruang)	%	0,188	24 jam
	%	0,466	3 hari
Kekuatan Fleksural	Kg/mm ²	9,4	
Modulus Fleksural	Kg/mm ²	300	
Daya Rentang	Kg/mm ²	5,5	
Modulus Rentang	Kg/mm ²	300	
Elongasi	%	1,6	

Untuk bahan tambahan dipadukan dengan katalis jenis MEKPO (*Methyl Ethyl Keton Peroksida*) pada resin *unsaturated polyester* berfungsi untuk mempercepat proses pengerasan cairan resin (*curing*) pada suhu yang lebih tinggi. Penambahan katalis dalam jumlah banyak akan menimbulkan panas yang berlebihan pada saat proses *curing*. Hal ini akan merusak dan menjadikan produk komposit rapuh atau getas. Oleh karena itu pemakaian katalis dibatasi sampai 1% dari volume resin (*PT Justus Kimia Raya, 2001*).

c. Etanol

Etil alkohol (Etanol) yang sehari-hari dikenal dengan sebutan alkohol merupakan senyawa yang mengandung gugus hidroksil dengan rumus molekul (C_2H_5OH). Mempunyai sifat-sifat diantaranya merupakan cairan jenuh, tidak berwarna, mudah menguap, berbau khas, mudah terbakar, mudah larut dalam air, titik didihnya 78,32°C, titik beku -114,1 °C, densitas 0,789 kg/l. (*Kirk & Othmer 1965*).

Etanol merupakan senyawa turunan dari etilen dimana ikatan rangkap dari etilen dipecah dan atom H diganti dengan gugus OH.

Kegunaan Etanol:

- a. Sebagai bahan campuran kosmetik misal *toner*.
- b. Etanol 70% dapat digunakan sebagai desinfektan.
- c. Campuran etanol dengan gasolin dapat digunakan sebagai bahan bakar (Gasohol).
- d. Sebagai bahan baku pembuatan asam karboksilat, etilen, ester.
- e. Bahan dasar spirtus (campuran metanol + etanol + zat warna *metilen blue*).

Dari kesimpulan di atas maka peneliti menggunakan etanol untuk membersihkan lapisan minyak dan untuk menghilangkan bakteri penyebab bau tak sedap pada bulu bebek.

2.1.5 Sifat Fisis Komposit

Sifat-sifat komposit dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

- a. Massa komposit

Massa komposit dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

$$m_c = m_f + m_m$$

dimana: m_c = massa komposit (gr)

$$m_f = \text{massa serat (gr)}$$

$$m_m = \text{massa resin (gr)}$$

b. Massa jenis komposit

Massa jenis komposit dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

$$\rho_c = \frac{m_c}{V_c}$$

dimana:

$$\rho_c = \text{massa jenis komposit (gr/cm}^3\text{)}$$

$$m_c = \text{massa komposit (gr)}$$

$$V_c = \text{volume komposit (cm}^3\text{)}$$

$$V_c = p \times l \times t$$

dimana:

$$p = \text{panjang spesimen (cm)}$$

$$l = \text{lebar spesimen (cm)}$$

$$t = \text{tebal spesimen (cm)}$$

c. Fraksi berat serat

$$W_f = \frac{m_f}{m_c} \times 100 \%$$

$$W_f = \text{fraksi berat serat (\%)}$$

$$m_f = \text{massa serat (gr)}$$

$$m_c = \text{massa komposit (gr)}$$

d. Fraksi Volume Serat

$$V_f = \frac{\left(\frac{m_f}{\rho_f} \right)}{\left(\frac{m_f}{\rho_f} + \frac{m_m}{\rho_m} \right)} \times 100\%$$

$$V_f = \text{fraksi volume serat (\%)}$$

$$\begin{aligned}\rho_f &= \text{massa jenis serat} \quad (\text{gr/cm}^3) \\ m_m &= \text{massa matrik} \quad (\text{gr}) \\ \rho_m &= \text{massa jenis matrik} \quad (\text{gr})\end{aligned}$$

2.1.6 Kekuatan Tarik Komposit

Bahan polimer setelah mengalami pengujian tarik, terjadi kelakuan tarikan pada bahan tersebut diantaranya: lunak dan lemah, keras dan getas, lunak dan ulet, keras dan kuat serta keras dan ulet. Konstanta perbandingan antar tegangan tarik dan regangan tarik merupakan nilai dari modulus elastik yaitu modulus elastik young. Modulus elastik young pada bahan polimer terletak di daerah $0,2-21 \times 10^2 \text{ kg f/mm}^2$. Harga tersebut lebih rendah daripada untuk baja yaitu $200 \times 10^2 \text{ kgf/mm}^2$. Akan tetapi kalau molekul rantai cukup terarah seperti serat, maka harga tersebut diatas menjadi lebih besar hampir menyamai logam. Deformasi oleh penarikan sampai patah berbeda banyak tergantung pada jenis dan temperatur. Pada suhu 20°C perpanjangannya ada pada daerah luas yaitu 0,5-700%. Kebanyakan dari plastik termoset kurang dari 5% (*Surdia dan Saito, 1999*).

Besarnya tegangan tarik dari material komposit dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (*Surdia dan Saito, 1999*):

$$\sigma = \frac{P}{tl}$$

dimana: σ = tegangan tarik (MPa)

t = tebal spesimen benda uji (mm)

l = lebar spesimen (mm)

P = beban tarik maksimum (N)

Besarnya regangan tarik dapat dihitung dengan persamaan seperti di bawah ini yang menyatakan ε merupakan regangan yang dinyatakan dalam mm/mm, bilangan tak berdimensi atau sering dinyatakan dalam persen (*Surdia dan Saito, 1999*).

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

dimana:

ε = regangan

ΔL = penambahan perpanjangan (mm)

L = panjang awal (mm)

Besarnya modulus elastisitas dapat dihitung dengan persamaan
(Surdia dan Saito):

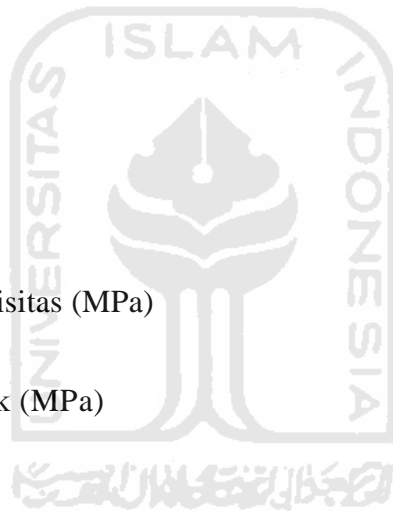
$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

dimana:

E = modulus elastisitas (MPa)

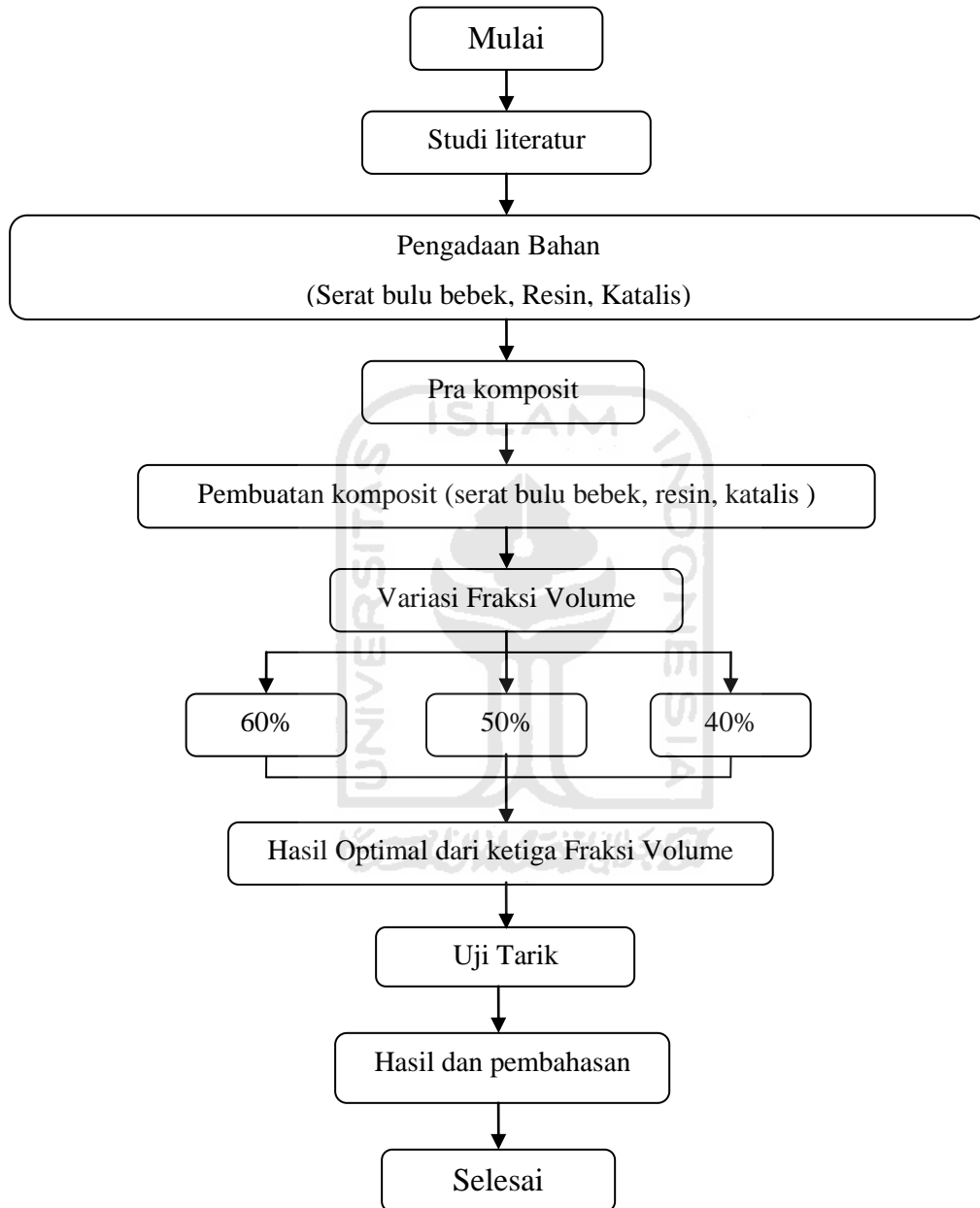
σ = tegangan tarik (MPa)

ε = regangan



BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Alat uji tarik
2. Jangka sorong
3. Timbangan digital
4. Dongkrak hidrolik
5. Kunci pas 10, dan 12 mm
6. Gergaji besi
7. Gerinda listrik
8. Ampelas
9. Kamera foto
10. Penggaris
11. Obeng
12. Mur & Baut
13. Gunting
14. Isolasi
15. Alat Press
16. Ember

Bahan yang diperlukan adalah sebagai berikut:

1. Serat bulu kecil bebek
2. Resin (*Unsaturated Polyester*)
3. Ethanol
4. Katalis MEKPO (*Methyl Ethyl Keton Peroksida*)

3.3 Pengadaan Material

Material komposit dalam penelitian ini berupa serat alam yaitu serat bulu bebek sebagai penguat yang diperoleh langsung dari tempat para peternak bebek di daerah Tempel, Sleman dan resin polyester sebagai pengikat. Resin polyester diperoleh dari toko Ngasem Baru Yogyakarta.

Untuk pengolahan bulu bebek sebagai bahan komposit sebagai berikut:

1. Bulu bebek diambil dari limbah pemotongan bebek dari peternak.
2. Bulu bebek yang dipilih adalah bulu kecil, bulu kecil biasa terdapat di bagian dada bawah bebek.



Gambar 3.2 Bebek yang diambil bulunya

3. Proses pencucian bulu bebek :

Bulu bebek dicuci dengan air, kemudian direndam dalam ethanol, tujuannya agar bakteri dan bau amis yang ada pada bulu bebek hilang.

4. Dijemur / dikeringkan.

3.4 Proses Persiapan Komposit

3.4.1 Proses persiapan serat

1. Perendaman bulu bebek selama 2 jam untuk menghilangkan bakteri, lapisan minyak dan bau amis yang ada pada limbah bulu bebek.



Gambar 3.3 Perendaman Bulu Bebek Dengan Air



Gambar 3.4 Perendaman Bulu Bebek Dengan Ethanol

2. Bulu bebek yang sudah direndam kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari hingga kadar air yang terkandung dalam bulu bebek hilang.



Gambar 3.5 Proses Pengeringan Di Bawah Sinar Matahari

3. Setelah itu bulu bebek ditimbang, sesuai dengan komposisi yang diinginkan.



Gambar 3.6 Penimbangan

3.4.2 Proses persiapan matrik

1. Resin disiapkan sebanyak 100% atau secukupnya dengan menambahkan katalis sebanyak 2% dari volume resin dengan memakai suntikan.
2. Resin dan katalis diaduk perlahan-lahan hingga merata, jika sudah merata dapat dilihat dengan berubahnya warna resin dan tidak terlihatnya gelembung-gelembung udara.

3.5 Proses Persiapan alat press

Alat press yang digunakan terdiri dari pelat besi yang disatukan dengan menggunakan baut pada sisinya agar mempermudah pelepasan hasil cetakan. Alat press yang digunakan dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.7 Bentuk Alat Press

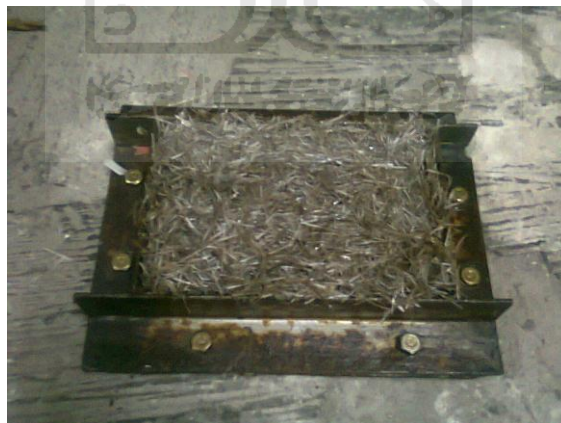


Gambar 3.8 Bentuk Cetakan

3.6 Pembuatan Spesimen

Apabila bahan dan alat press sudah siap maka *proses press mould* dapat segera dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Bulu bebek dituangkan sedikit ke dalam wadah lalu dilumuri resin sedikit sampai serat yang akan dipakai habis.
2. Setelah itu serat yang sudah diaduk dengan resin dimasukkan sedikit demi sedikit kedalam cetakan.



Gambar 3.9 Pembuatan Spesimen

3. Setelah semua serat dimasukkan semua dengan rata, tutuplah dengan plat.
4. Proses dilanjutkan dengan menggunakan alat press kemudian ditekan dengan kekuatan sekitar 200 bar sampai plat tutup diatas menempel pada plat pembatas

yang dipasang pada bagian bawah, sehingga didapat hasil ketebalan yang diinginkan.



Gambar 3.10 Proses Penekanan



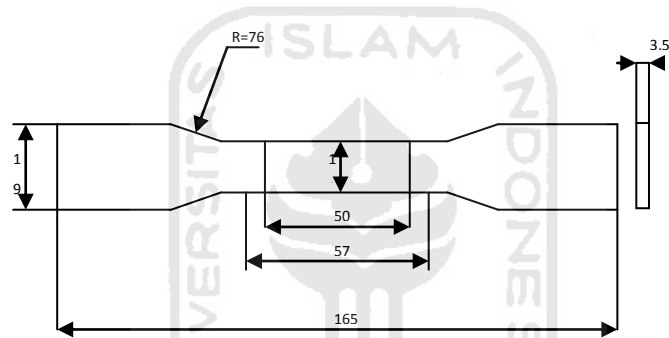
Gambar 3.11 Tekanan Sekitar 200 bar

5. Setelah dibiarkan selama 4-6 jam barulah cetakan dibuka.
6. Komposit dengan hasil yang baik adalah komposit yang tidak adanya *void*.
7. Komposit pada hasil cetakan masih terdapat sirip sirip di sekitar komposit, maka sirip harus dihilangkan terlebih dahulu dengan gerinda.
8. Setelah sirip hilang, barulah komposit ditimbang untuk mengetahui berapa massa resin yang terdapat pada komposit tersebut.



Gambar 3.12 Hasil Cetakan Setelah Digerinda

9. Setelah itu komposit dipotong dengan untuk dibentuk menjadi spesimen uji sesuai dengan standard uji tarik (ASTM D 638).



Gambar 3.13 Dimensi Spesimen Uji Tarik



Gambar 3.14 Spesimen Uji Tarik

3.7 Proses Pengujian

Bahan spesimen untuk pengujian tarik dibuat sesuai dengan standar (ASTM D 638), selanjutnya spesimen diberi nomor untuk membedakan masing-masing variasi spesimen. Setelah itu, spesimen dilakukan pengujian. Pengujian dilakukan di Laboratorium Ilmu Bahan Universitas Sanata Darma Yogyakarta.



BAB IV PERHITUNGAN

4.1 Hasil Perhitungan Karakteristik Komposit

Data perhitungan karakteristik komposit dari fraksi volume 40%, 50% dan 60% hasil perhitungan dapat dijelaskan pada tabel dan rumus-rumus dibawah ini.

Tabel 4.1. Hasil data dimensi uji tarik komposit dengan fraksi volume 40%, 50% dan 60 %

kompo sit	v_f (%)	m_m (gr)	m_f (gr)	m_c (gr)	W_f (%)	W_m (%)	v_m (%)	ρ_m (gr/cm ³)
1	40	60	26,33	85,33	30,5	69,5	60	1,33
2	50	60	39,5	99,5	39,7	60,3	50	1,151
3	60	60	59,25	59,25	49,7	50,3	40	1,106

Keterangan :

- v_f = Fraksi volume fiber/serat (%)
- v_m = Fraksi volume matrik/resin (%)
- m_f = Massa fiber (gr)
- m_c = Massa komposit (gr)
- m_m = Massa matrik (gr)
- ρ_f = Massa jenis serat 0,8 (gr/cm³)
- ρ_m = Massa jenis matrik 1,215 (gr/cm³)
- ρ_c = Massa jenis komposit (gr/cm³)
- W_f = Fraksi massa serat (%)
- W_m = Fraksi massa matrik (%)

Perhitungan Karakteristik Komposit

Komposit fraksi volume $v_f = 40\% = 0,4$

1. Mencari Massa Fiber (m_f)

$$\begin{aligned}m_f &= \left[\frac{v_f \cdot m_m}{\rho_m} \right] \times \left[\frac{\rho_f}{1 - v_f} \right] \\&= \left[\frac{0,4\% \cdot 60\text{gr}}{1,215\text{gr/cm}^3} \right] \times \left[\frac{0,8\text{gr/cm}^3}{1 - 0,4\%} \right] \\&= 19,75 \times 1,33 \\&= 26,33 \text{ gr}\end{aligned}$$

2. Mencari Massa komposit (m_c)

$$\begin{aligned}m_c &= m_m + m_f \\&= 60\text{gr} + 26,33\text{gr} \\&= 86,33\text{gr}\end{aligned}$$

3. Mencari Fraksi Massa Fiber (w_f)

$$\begin{aligned}w_f &= \frac{m_f}{m_c} \times 100\% \\&= \frac{26,33\text{gr}}{86,33\text{gr}} \times 100\% \\&= 30,5\%\end{aligned}$$

4. Mencari Fraksi Massa Matrik (w_m)

$$\begin{aligned}w_m &= \frac{mm}{mc} \times 100\% \\&= \frac{60gr}{86,33gr} \times 100\% \\&= 69,5\%\end{aligned}$$

5. Mencari Fraksi Volume Matrik (v_m)

$$\begin{aligned}v_m &= \left[\frac{\frac{mm}{\rho_m}}{\frac{mf}{\rho_f} + \frac{mm}{\rho_m}} \right] \times 100\% \\&= \left[\frac{\frac{60gr}{1,215gr/cm^3}}{\frac{26,33gr}{0,8gr/cm^3} + \frac{60gr}{1,215gr/cm^3}} \right] \times 100\% \\&= \left[\frac{49,38cm^3}{32,91cm^3 + 49,38cm^3} \right] \times 100\% \\&= \left[\frac{49,38cm^3}{82,29cm^3} \right] \times 100\% \\&= 60\%\end{aligned}$$

6. Mencari Massa Jenis Komposit 40% (ρ_c)

$$p = 18cm$$

$$l = 12cm$$

$$t = 3mm = 0,3cm$$

$$v = p \times l \times t$$

$$= 18\text{cm} \times 12\text{cm} \times 0,3\text{cm}$$

$$= 64,8\text{cm}^3$$

$$\rho_c = \frac{mc}{v} = \frac{86,33\text{gr}}{64,8\text{cm}^3} = 1,33\text{gr/cm}^3$$

4.2 Hasil pengujian tarik komposit berpenguat bulu bebek dengan fraksi volume (v_f) = 40%, 50% dan 60%.

Data uji tarik komposit ini didapat dari pengukuran tebal, lebar komposit dengan menggunakan jangka sorong dan dari hasil kekuatan P_{maks} dari pengujian tarik komposit dengan pembentukan spesimen uji tarik berdasarkan standar uji tarik komposit ASTM D 638. Hasil pengukuran dan perhitungan dapat dilihat dibawah ini.

Tabel 4.2. Hasil uji tarik komposit dengan fraksi volume (v_f) = 40%

No	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Ao (mm ²)	Pmax (kg)	L (mm)	σ (Mpa)	ΔL (mm)	ϵ (%)	E (Gpa)
1	3	20	60,00	46,8	34,8	7,64	0,7	2,01	0,38
2	3	20	60,00	42,2	34,8	6,89	0,3	0,86	0,80
3	3	20	60,00	35,3	34,8	5,77	0,65	1,86	0,31
4	3	20	60,00	37	34,8	6,04	0,5	1,43	0,42
				Hasil rata-rata		6,59	0,53	1,54	0,48

Tabel 4.3. Hasil uji tarik komposit dengan fraksi volume (v_f) = 50%

No	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Ao (mm ²)	Pmax (kg)	L (mm)	σ (Mpa)	ΔL (mm)	ϵ (%)	E (Gpa)
1	4	20	80,00	65	40,2	7,96	0,35	0,87	0,91
2	4	20	80,00	56,1	40,2	6,87	0,45	1,12	0,61
3	4	20	80,00	50,2	40,2	6,15	0,4	1,00	0,62
4	4	20	80,00	50	40,2	6,13	0,7	1,74	0,35
				Hasil rata-rata		6,78	0,48	1,18	0,62

Table 4.4. Hasil uji tarik komposit dengan fraksi volume (v_f) = 60%

No	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Ao (mm ²)	Pmax (kg)	L (mm)	σ (Mpa)	ΔL (mm)	ϵ (%)	E (Gpa)
1	5	20	100,00	78,4	45	7,68	0,55	1,22	0,63
2	5	20	100,00	102,3	45	10,03	0,35	0,78	1,29
3	5	20	100,00	65,9	45	6,46	0,45	1,00	0,65
4	5	20	100,00	49	45	4,80	0,55	1,22	0,39
				Hasil rata-rata		7,24	0,475	1,06	0,74

Keterangan : $t = \text{tebal (mm)}$ $l = \text{lebar (mm)}$ $A_o = \text{luas mula - mula (mm}^2\text{)}$ $P_{max} = \text{tegangan tarik max (kg)}$

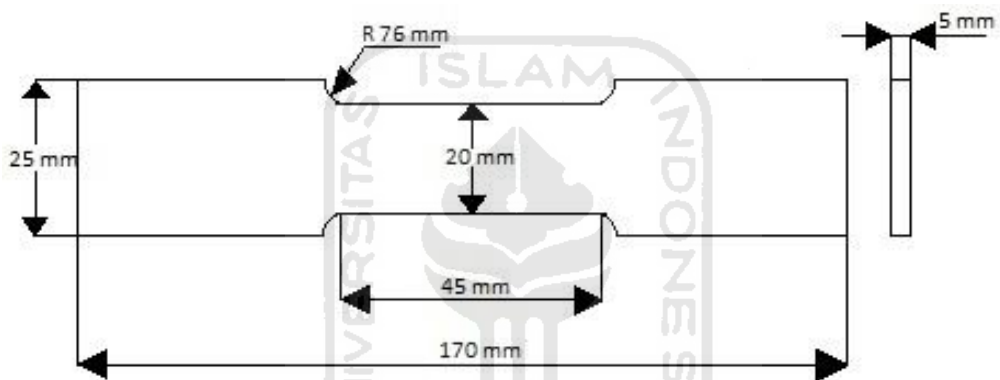
$L = \text{panjang (mm)}$

$\sigma = \text{kekuatan tarik (Mpa)}$

$\Delta L = \text{pertambahan panjang (mm)}$

$\varepsilon = \text{regangan (\%)}$

$E = \text{modulus elastisitas (Gpa)}$



Gambar 3.15 Dimensi spesimen fraksi volume (v_f) = 60%

Perhitungan Kekuatan Tarik Komposit

Komposit dengan $v_f = 40\%$ benda uji no.1

1. Mencari A_0 luas mula-mula

$$A_0 = t \times l$$

$$= 3 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$$

$$= 60 \text{ mm}^2$$

2. Mencari tegangan tarik

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{P \times g}{t \times l} \\ &= \frac{46,8 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2}{3 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}} \\ &= \frac{458,64 \text{ kg} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)}{60 \text{ mm}^2} \\ &= 7,64 \text{ N/mm}^2 \\ &= 7,64 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

3. Mencari regangan tarik

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{\Delta L}{L} \times 100\% \\ &= \frac{0,7 \text{ mm}}{34,8 \text{ mm}} \times 100\% \\ &= 2,011\%\end{aligned}$$

4. Mencari modulus elastisitas

$$\begin{aligned}E &= \frac{\sigma}{\varepsilon} \\ &= \frac{7,64 \text{ Mpa}}{2,011\%} \\ &= \frac{7,64 \text{ Mpa}}{0,0201} \\ &= 382 \text{ Mpa} \\ &= 0,38 \text{ Gpa}\end{aligned}$$



4.3 Hasil Perhitungan Density (ρ) Setelah Ditimbang

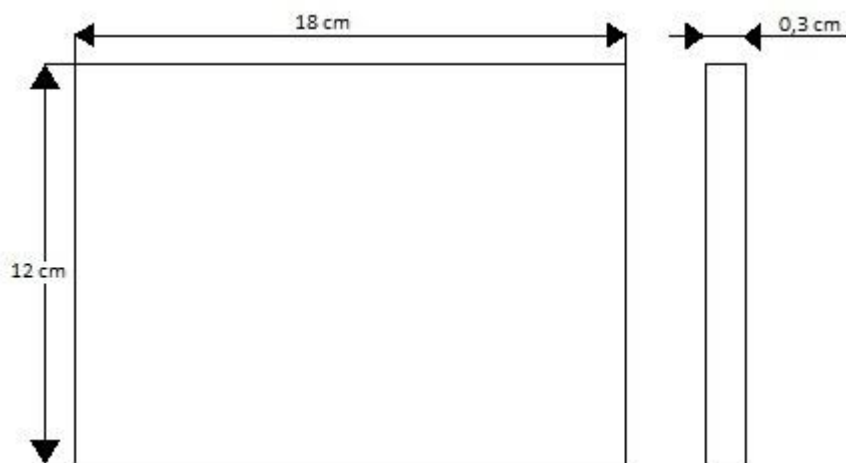
Data hitungan density komposit setelah ditimbang didapat dari penimbangan komposit sebelum dicetak dan menimbang komposit yang sudah terbentuk. Hasil penimbangan, pengukuran dan perhitungan komposit dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.5. Hasil perhitungan density

	P (cm)	L (cm)	T (cm)	Volume Cetakan (cm³)	Massa Komposit (gr)	Density Komposit (gr/cm³)
40%	18	12	0,3	64,80	77,25	1,19
50%	18	12	0,4	86,40	91,75	1,06
60%	18	12	0,5	108,00	112,8	1,04
Hasil rata-rata =						1,10

Keterangan:

- P = Panjang komposit (cm)
L = Lebar komposit (cm)
T = Tebal komposit (cm)



Gambar 3.15 Dimensi Komposit fraksi volume (v_f) = 40%

Perhitungan density (ρ) komposit

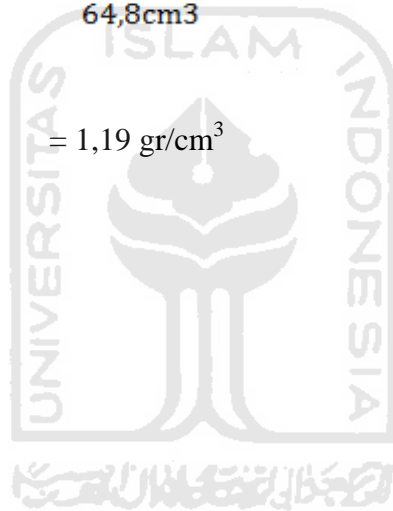
Density komposit $v_f = 40\%$

$$\begin{aligned} 1. \text{ Volume cetakan} &= P \times L \times T \\ &= 18 \text{ cm} \times 12 \text{ cm} \times 0,3 \text{ cm} = 64,8 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$2. \text{ Density } (\rho) \text{ komposit} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$$

$$= \frac{77,25 \text{ gr}}{64,8 \text{ cm}^3}$$

$$= 1,19 \text{ gr/cm}^3$$



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa limbah bulu bebek yaitu bulu kecil dapat di manfaatkan sebagai bahan alternatif komposit. Kekuatan tarik yang besar didapatkan pada fraksi volume 60% yaitu 7,24 MPa, sedangkan pada fraksi volume 50% adalah 6,78 MPa dan untuk fraksi massa 40% adalah 6,59MPa. Sedangkan untuk regangan terbesar nilainya didapat pada komposit fraksi volume 40% yaitu 1,54%, sedangkan pada fraksi volume 50% nilainya adalah 1,18% dan untuk fraksi volume 60% adalah 1,06%.

Hal ini dapat kita simpulkan semakin tinggi nilai kekuatan tariknya maka regangannya nilainya rendah begitu pula sebaliknya semakin rendah kekuatan tariknya maka nilai regangan semakin tinggi. Material komposit berpenguat serat bulu bebek mempunyai rata-rata massa jenis hampir sama dengan massa jenis air yaitu $1,1 \text{ gr/cm}^3$ sehingga komposit serat ini memiliki massa jenis yang sedikit lebih berat daripada air. Massa jenis yang lebih berat ini mengakibatkan komposit serat bulu bebek tenggelam di air.

Untuk kedepannya diharapkan komposit dari bulu bebek dapat dijadikan produk yang ramah lingkungan, ringan, murah, dan juga sebagai pengganti serat fiber.

5.2 Saran

Pada saat mengaduk antara resin dengan katalis sebaiknya perlahan lahan agar tidak terjadi gelembung udara karena jika terdapat gelembung udara dapat mengakibatkan menurunnya kekuatan komposit tersebut.

Dalam pencucian limbah bulu bebek harus benar-benar bersih agar kotoran atau sisi-sisa kulit hilang lalu dijemur atau dioven agar benar benar kering, setelah itu dalam pencucian menggunakan ethanol sebaiknya direndam sekitar 1-2 jam agar bakteri yang masih ada benar benar hilang. Disarankan juga agar bisa menghilangkan keratin (protein) yang ada pada bulu bebek karena adanya protein terdapat minyak yang dapat mengurangi kekuatan ikatan antara serat dan matrik.



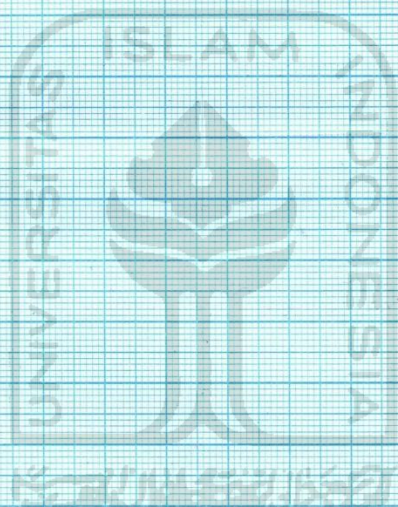
DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1998, *Annual Book ASTM D638 Standar*, USA.
- Anonim, 2006, *Technical data sheet of unsaturated polyester*, Justus Kimia Raya Industry, Jakarta.
- Anonim, akses 20/03/2009 [http:// www.Composite.Wordpress.com](http://www.Composite.Wordpress.com).
- Ansel, akses 29/05/09. *Kegunaan dan manfaat etanol*, [http:// www.bahan.kimia.com](http://www.bahan.kimia.com).
- Arai, K., Sasaki, N., Naito, S., dan Takahashi, T. 1989, *Crosslinking sructure of keratin*.
- Bartels, T. 2003, *Variations in the morphology, distribution, and arrangement of feathers in domesticated birds*. *Journal of Experimental Zoology*, Mol. Dev. Evol.
- Carboneras Carles, 1992, *Family Anatidae (Ducks, Geese and Swans)*.
- Woll, R. and Hong, C, 2004, *Low dielectric constan materials*.
- Fraser, R.D.B. 1996, *The Moleculer structure and mechnical properties of keratins*.
- Mungara Perminus, akses 29/02/08, *Plastik dari bulu* [http:// www.dunia.plastik.com](http://www.dunia.plastik.com).
- F. L. Matthews, Rees D. Rawlings, 1999, *Composite materials: engineering and science*, Woodhead Publishing Ltd, England.
- Fazriyanti Putri, 2009, *Perancangan pabrik bioethanol dari jerami dengan kapasitas 50 ribu ton/thn*, UII YOGYAKARTA
- Rowell & Han, 2000, *Characterization and Factors Effecting Fiber Properties*, USA.
- Schwartz, 1984, *Composite materials handbook*, McGraw-Hill Book Company, New York, USA.
- Surdia T & Saito S. 1999, *Pengetahuan bahan teknik*, Jakarta, Pradnya Paramita.
- Sutrisno, akses 12/01/09, *Pengolahan Limbah bulu* [http:// www.limbah.unggas.com](http://www.limbah.unggas.com).
- Woll, R. and Hong, C, 2004, *Low dielectric constan materials*.

LAMPIRAN



u b



u u u u

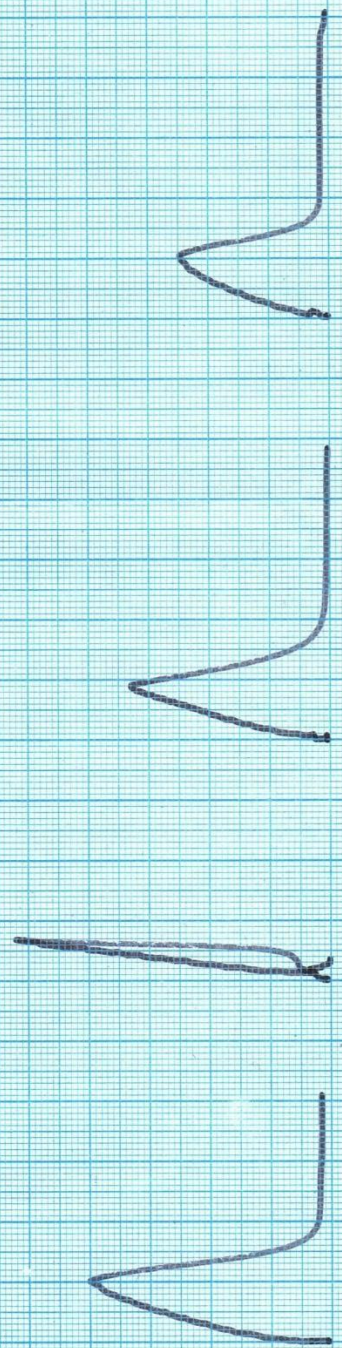
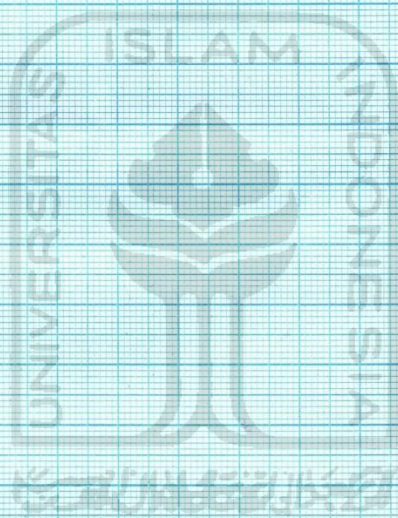


60%

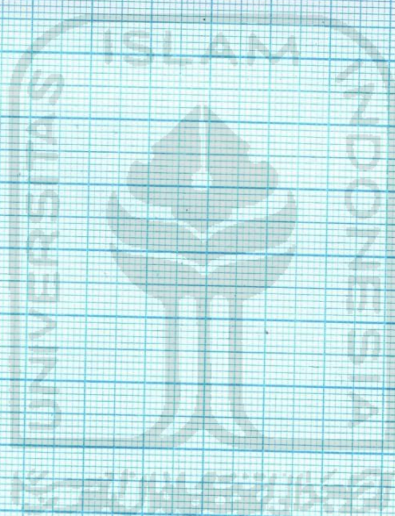
$\frac{1000}{1000} = 1$

$y = \begin{cases} 0 & 0 \leq x < 10 \\ 1 & 10 \leq x < 20 \\ 2 & 20 \leq x < 30 \\ 3 & 30 \leq x < 40 \\ 4 & 40 \leq x < 50 \\ 5 & 50 \leq x < 60 \\ 6 & 60 \leq x < 70 \\ 7 & 70 \leq x < 80 \\ 8 & 80 \leq x < 90 \\ 9 & 90 \leq x < 100 \end{cases}$

• 0,5 x = 0,05



50%



AL
AL
AL

Handwritten notes at the bottom of the page, including the word 'Hand' and some illegible scribbles.